

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-369071

(43)Date of publication of application : 20.12.2002

(51)Int.Cl.

H04N 5/232

G06T 5/20

H04N 5/14

(21)Application number : 2001-174626 (71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 08.06.2001 (72)Inventor : WATANABE NOBUYUKI

(54) PICTURE PROCESSING METHOD AND DIGITAL CAMERA MOUNTED WITH THE SAME AND ITS PROGRAM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for designing an adaptive filter in order to improve the picture quality of a photographed picture.

SOLUTION: This picture processing method is provided with a sharpness calculating means (102) for measuring the sharpness of an original picture with an SF value based on the distribution of difference values between a pixel under consideration and adjacent pixels at the time of deciding the parameter of a filter based on the sharpness of the original picture and a sharpness processing means (103) for deciding the coefficient of the filter based on the sharpness.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]It is the method of changing the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a pictureAn image processing method having sharp-ized down stream processing which measures sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixeland determines a coefficient of a filter based on this when determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image.

[Claim 2]It is a digital camera which changes the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a pictureA

digital camera having a sharp-ized processing means to measure sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and to determine a coefficient of a filter based on this when determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image.

[Claim 3] It is a program which changes the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a picture. A program for making a computer perform processing which measures sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and processing which determines a coefficient of a filter based on this measurement result when determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the image processing method which changes the frequency characteristic of a picture with a different parameter for especially every place of a picture, the digital camera which mounted it and a program with respect to the picture pictured with the digital camera etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years two-dimensional Image Processing Division by a digital filter has come to be widely performed by progress of LSI technology. This two-dimensional Image Processing Division includes low pass filter processing, high pass filter processing, convolution filter processing etc. The $N \times N$ individual centering on the pixel made into a processing object in this convolution filter processing (N is two or more.) The image data of the pixel made into the processing object is formed by carrying out the multiplication of the predetermined weighting factor to the image data of an integral pixel respectively and adding these multiplication results.

[0003] What is called an adaptive (adaptive) filter that performs filtering which is different in a moving image area and the Still Picture Sub-Division field, for example is also realizable by a digital filter. However, since low pass filter processing and high pass filter processing are what is uniformly given to the whole picture made into a processing object, there is inconvenience which cannot use effectively the local information which an original image has.

[0004] Speaking concretely, for example, losing important edge information when a low pass filter is given, also in the field where a luminance change is originally smooth, emphasizing a noise etc. and being rough and visible when a high pass filter is

given. In the conventional simple convolution filter processing there is inconvenience which cannot respond to various Image Processing Divisions such as nonlinear processing easily.

[0005] In view of such a problem, the method which separates a dynamic body and a background by a motion vector is indicated by JPH4-205573A. However, there is a limit also in the adaptation range of the adaptation filter which changes with positions only for such information on a motion -- for example, a space peculiar to separation of the major object and background of a motion which are not almost a curvature of field optical system -- it is inapplicable to amendment of a variant Japanese quince.

[0006] When it is going to design a digital filter according to the characteristic of an optical system PSF (Point Spread Function) of an optical system is experimentally obtained by calculation in the stage of an optical design and a filter is designed in a form which complements the characteristic.

[0007] Usually -- as the aberration of an optical system separates from on an optic axis -- rotation -- since an unsymmetrical ingredient (a coma aberration -- astigmatic) becomes large if the rotation asymmetry of PSF is taken into consideration in an ideal inverse filter -- rotation -- it becomes an unsymmetrical digital filter. But having data with a different parameter for every place of a picture as mentioned above, if it will be called rotation asymmetry must have data of $N \times N$ for every pixel and it can be said to be unreal. By recovery of a frequency component, an effect is expectable also only by designing an inverse filter for the purpose of [of imaging equipment] anticipated use in the range which can consider that PSF is the symmetry of revolution.

[0008] How to define a digital filter parametric has some types and the filter H of high frequency emphasis is set up as follows in the example in the frequency recovery filter of the kernel size of 3×3 . [Equation 1]

The parametric recovery filter which adjusted the distribution coefficient of H with the parameter α is $H_0 = \alpha H + (1 - \alpha) H(2)$.

I = identity matrix -- here if α is changed, the characteristic of a recovery filter can be adjusted and it will become a filter of high frequency emphasis so that α is small.

[0009] Next, how to calculate the inverse filter is described. It is $\exp(-d/R)$ about PSF. An effect can be expected even when approximated with an attenuation function as shown in (R expresses the distance from the pixel of the center made into a processing object). Beforehand, the filter of a least square error when changing d is calculated.

[0010] The example computation of a least square filter is shown below. The target response function is made into ** function in the following examples. Field [Equation 2]

A coefficient matrix when the Japanese quince function come out of and defined is h (ij) and a linear filter expresses this [Equation 3]

It becomes. Z-transformation expression of the transfer function of PSF to an impulse [Equation 4]

It becomes. The FIR inverse filter to design [Equation 5]

The definition is given. The thing which made the inverse filter act on PSF now [Equation 6]

It carries out. The filter f is called for as follows from approximation of a least square error [Equation 7]

****. It will become $Ax=B$ if (14) types made into $P=Q=m$ are expressed with matrix representations since it is easy here. Contents which are x and B here [Equation 8]

It shall have a $(2m+1) \times (4m^2+4m+1)$ piece element $(2m+1)$ which is said.

[0011] Here if it has a coefficient of inverse filter f symmetrical with rotation by the look-up table when d is obtained as a parameter it will become the filtering processing which changes with positions of a picture without being based on the size of a picture.

[0012] As the other sharp-ized technique the difference of an original image and the picture which gave the low pass is taken and there is a method of adding the fixed multiple of difference to an original image. The constant at this time is given as a parameter.

[0013] The situation of needing a filter which changes with image positions can consider the following. Like the latest digital camera with the small digital camera it is especially made difficult to express the "dotage taste" so that the tendency for the depth of focus to be shallow and for depth of field to be deep may appear as the size of an acceptance surface becomes small. Then the accommodative method that the filter which improves a frequency response is designed from the information on the contrast of the photoed picture is needed.

[0014] About the space invariant the Japanese quince state of a picture is measured accommodative and the art of hanging an inverse filter on the defocusing state of a

picture accommodative as a method of hanging an inverse filter at JPH6-162187A is indicated. As a Method of amendment depending on a picture in JPH11-150669A. It uses that the structure of the photographic subject is self-similar figures (for example a branch the picture of ****) and the frequency spectrum structure of the picture of the high resolution made into the frequency spectrum structure of the picture of low resolving and an ideal turns into a similar structure by a frequency shift. [0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However although an inverse filter is hung on the defocusing state of a picture accommodative in JPH6-162187A SUBJECT that need the two or more image surfaces at the time of measurement and special composition is needed for a photographing instrument occurs. Although Methods of amendment depending on a picture include JPH11-150669A This uses that the structure of the photographic subject is self-similar figures (for example a branch the picture of ****) and the frequency spectrum structure of the picture of the high resolution made into the frequency spectrum structure of the picture of low resolving and an ideal turns into a similar structure by a frequency shift. Although excelled as an accommodative Method of amendment it is difficulties that cost starts calculation and that the kind of picture which can be adapted will be limited. It aims at arranging a feeling of resolving to the picture from which a feeling of resolving differs by the position of an image like a curvature of field or emphasizing the dotage taste by distance conversely.

[0016] the purpose of this invention -- above -- a space -- by variant filtering when trying to perform improvement of image quality and processing the method of calculating the coefficient of a filter is provided. In detail in the inverse filter of a simple structure like the symmetry of revolution the coefficient of the inverse filter is related with the parameter of the dotage condition of PSF and the method of determining the parameter is provided. It is the picture which separated the field and is providing the image processing method which adjusts the dotage taste of each field and processes depth of field in false the digital camera which mounted it and a programing method.

[0017]

[Means for Solving the Problem] An image processing method by this invention a digital camera which mounted it and a program It is the method of changing the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a picture When determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image it is an image processing method provided with sharp-ized down stream processing which measures sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and determines a coefficient of a filter based on this.

[0018] It is a digital camera which changes the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a picture When

determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image it is a digital camera provided with a sharp-ized processing means to measure sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and to determine a coefficient of a filter based on this.

[0019] It is a program which changes the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a picture. When determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image it is a program for making a computer perform processing which measures sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and processing which determines a coefficient of a filter based on this measurement result.

[0020]

[Embodiment of the Invention] In the method which is high frequency emphasis or low frequency wave emphasis and adjusts the sharpness of a picture and the dotage taste by a digital filter this invention relates to the method of adjusting the parameter of said digital filter.

[0021] The embodiment of this invention is used for below. Drawings are used for below and it explains.

[0022] First drawing 1 is a key map showing the frequency characteristic compensation means of the embodiment of this invention. This embodiment is the method (sharp-izing shading off) of changing the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in a picture and determines the parameter of a filter first based on the sharpness of a source image. In that case it is SF (Sharpness Factory) value based on distribution (delta histogram) of difference value ΔD of a noticed picture element and an adjacent pixel which the method of measuring the sharpness of a source image showed to drawing 2 and it determines the coefficient of a filter based on this. When supplemented about ΔD value and SF value here the difference value of an adjacent pixel if it is a difference absolute value of the luminosity of a noticed picture element and the pixel of the eight contiguity for example a central pixel level is set to 16 and the surroundings of it have become 12 14 20 8 24 12 16 and 32 as shown in drawing 3. As the absolute value of difference is shown in drawing 4 it is set to 42 48 84 0 and 16 and the histogram (frequency of occurrence of ΔD of 0-16) of ΔD is set to (10103000200000001). Such a histogram is integrated about the pixel of the predetermined range. The histogram of above-mentioned difference ΔD (absolute value) in an original image is made into $S_0(I)$ what covered the smoothing filter over the original image is made into $S_3(I)$ and it is sharpness SF. [Equation 9]

** -- a definition is given like. It becomes the evaluation said that sharpness of an

original image is high so that SF value is large.

[0023] Next a delta histogram of an original image and a picture which gave an average filter was shown in drawing 5. SF value integrates with an absolute value of difference of two histograms. Since SF value is a value depending on a picture so that a definition may show generally a strict relation with a frequency component of a picture is not realized. However to picture same as a general trend if SF value is high it can be said that a frequency characteristic is extended to high frequency.

[0024] With [if it is the picture which information on a photographic subject does not differ but has a large frequency component by the position of a picture like a random pattern] such conditions it can evaluate that fade by the position of a picture and condition differs by aberration (a curvature of field a spherical aberration) of an optical system etc. In usual since near the optic axis is designed as MTF is most extended to a high frequency component by comparing SF value near an axis top with SF value besides an axis shows how much sharp-izing is required.

[0025] Next it returns to drawing 1 and first an inputted image is inputted from the image input means 100 and data is passed to the frequency characteristic compensation means 101. Here the frequency characteristic compensation means 101 consists of the sharpness calculating means 102 the filter-parameters calculating means 103 and the digital filter 104 and a picture which gave a digital filter is outputted as an outputted image. Said sharpness calculating means 102 calculates SF value mentioned above. And the filter-parameters calculating means 103 shows LUT (Look Up Table) which shows SF value and a relation of filter parameters and a calculating means which defined an expression of relations so that it may mention later. This LUT may be a parameter of a parametric filter as SF value and a relation of each calculation of a procession which constitutes a digital filter may be expressed and being mentioned above or mentioned later.

[0026] As an example of a digital filter the filter H of high frequency emphasis is set up as follows with a frequency recovery filter of kernel size of 3x3 as mentioned above parametric.

[0027]

[Equation 10]

The parametric recovery filter which adjusted the distribution coefficient of H with the parameter alpha can adjust the characteristic of a recovery filter if the $H_0 = \alpha I + (1 - \alpha) H$ I = identity matrix alpha is changed and it turns into a filter of high frequency emphasis so that alpha is small.

[0028] In order to presume the value of alpha here how to use above-mentioned SF value is described. With [if it is the picture which the information on a photographic subject does not differ but has a large frequency component by the position of a picture like a random pattern] such conditions it can evaluate that fade by the

position of a picture and condition differs by the aberration (a curvature of field spherical aberration) of an optical system etc. In usual since near the optic axis is designed as MTF is most extended to the high frequency component by comparing SF value near an axis top with SF value besides an axis shows how much sharp-izing is required.

[0029] Next as shown in drawing 6 first the random pattern 601 is photoed and digital data is obtained. The digital image data 604 which included the transfer characteristic of the imager 603 which are the optical system 602 and an imaging system at this time is obtained.

[0030] According to said optical system 602 the characteristic of a sampling of an imager the characteristic of an AD translation and the other characteristics of an electric system are contained by optical propagation characteristic (mainly amplitude : MTF) and said imaging system (imager 603). With said digital image data 604 a delta histogram is calculated respectively in the field C of near [A] the center of a picture near [$1/2 / B$] image height and the image height 1 neighborhood and SF value is obtained. Here SF value of a field of the fields B and C is brought close to SF value of the field A. The calculation method is explained using drawing 7.

[0031] An initial value of alpha of the formula 12 and the decrement width delta are set up using a picture (S701) of a field of B and C (S702).

[0032] Next filtering is performed to a field of B or C (S703). Filtering takes a margin for calculation of a delta histogram. And according to a definition of the above-mentioned formula 10 calculated SF value calculates SF value of the field A used as a standard from a field of B or C which carried out filtering (S704S705).

[0033] And it is judged [SF value of the field A used as a standard and] whether it is near. At this time it may judge in binary simply and a gradual judgment may be made. If a judging standard is met at an end (S707) and the parameter alpha will be acquired for processing. When the standard is not being met the parameter alpha is changed by S708. At drawing 7 although a change of a parameter is made by a decrement at equal intervals a method of changing decrement width accommodative may be used and in order to improve convergence accuracy it may investigate in round trip around the optimal solution.

[0034] Thus in order to bring a frequency characteristic besides an axis close to a thing on an axis a field is discretely sampled with A and Ca parameter of each field acquires with SF value and then it asks for a parameter between each field with interpolation. There does not need to be any field to sample by such three points and many fields may be set up in order to raise accuracy.

[0035] Thus if image height of the image surface and a relation of the parameter alpha are obtained it will be memorized as an LUT and filtering which changes in the direction of image height will be realized. A method of calculating the optimal inverse filter with the least square method is used for a method of designing another parametric filter using an above-mentioned Exp function. It is the secondary function

about a Japanese quince function. [Equation 11]

Suppose (E expresses the size of a Japanese quince function). Here i and j express the index when the center position of the Japanese quince function for an axis is set to (00). The coefficient of an inverse filter is calculated from change of the parameter d . If d is small a Japanese quince will be large and high frequency emphasis of an inverse filter will also become large. In order to suppress the error in a high frequency region it is good as for a thing which made the high frequency band ease without making the objective function for an inverse filter into a delta function.

[0036] The number of elements for which it should ask in consideration of symmetry here since a filter of 7×7 is shown it becomes ten sorts $[F(-3-3)F(-3-2)F(-3-1)F(-3-0)F(-2-2)F(-2-1)F(-2-0)F(-1-1)F(-1-0)F(00)]$.

[0037] Next* shows other elements of a procession to drawing 8 and the symmetry of a procession to those fields are equal to one of ten sorts of above-mentioned elements.

[0038] A value of each element when changing d from 0.3 to 5 is shown in drawing 9. Thus it has an element of a procession by LUT to a value of d .

[0039] Next how to carry out semi- to above-mentioned drawing 7 and compute a value of d from SF value is explained using drawing 10. An initial value of d of the formula 14 and the decrement width Δd are set up using a picture of a field of B and C (S1001) (S1002). And an element of an inverse filter is read from a value of d by LUT and inverse filter $H_{inv}(d)$ is constituted (S1003). Then filtering is performed for an inverse filter in a field of B or C (S1004). And SF value calculated according to formula 10 above-mentioned definition calculates SF value of the field A used as a standard from a field of B or C which carried out filtering (S1005 S1006).

[0040] Next it is judged [a field and SF value of A used as a standard and] whether it is near (S1007). At this time it may judge in binary simply and a gradual judgment may be made. And if the standard is met processing will be ended (S1009) and the parameter α will be acquired. On the other hand when the standard is not being met the parameter d is changed by S1008. It can also interpolate and ask for a parameter as mentioned above. Interpolating in the direction of image height about a complement of this parameter and also interpolating according to a focal distance of an optical system and a diaphragm is also considered. For example supposing it places in quest of filter parameters in a field with a picture at $f = 50$ mm and $f = 100$ mm to $f = 70$ mm it cannot calculate directly but can ask with interpolation with reference to a value in the two above-mentioned focal distances.

[0041] Next composition of an image-quality-correction device which mounted in LUT filter parameters which were carried out in this way and for which drawing 11 was asked is shown. A picture element position is computed by the address calculating means 112 to the inputted image 110 and filter parameters are read from LUT

according to a picture element position (113). this time -- optic axis such as a curvature of field -- an object -- a space -- if it is variant amendment distance (image height) calculation is carried out from the center of a picture element position to an image parameter is read and a digital filter consists of LUTs (114).

[0042] In LUT the number of partitions of a position or the number of partitions of image height may be coarser than the number of partitions by a pixel. By interpolating filter parameters of LUTs linear interpolation expresses a position of a pixel made into an object as shown in drawing 12a digital filter consists of positions of a pixel then indicated to LUT.

[0043] Next position information recorded on LUT 123 is read in drawing 12 (124) Address interpolation is performed (126) filter parameters recorded on LUT according to an interpolation coefficient are interpolated (125) the digital filter 127 is constituted filtering is performed to an inputted image and a correction picture is outputted.

[0044] As mentioned above according to a 1st embodiment of this invention a filter which complements a frequency characteristic which changes in the direction of image height resulting from an optical system and an imaging system can be obtained using SF value and a variable parameter can be obtained with interpolation by position of an image and conditions of an optical system. After interpolating a RGB color SF value is calculated from each color and it may be made to compute a filter of image quality correction by an above-mentioned method in a single plate Bayer array.

[0045] Next a 2nd embodiment of this invention is described. A 2nd embodiment of this invention is a compensation means of a picture provided with a compensation means of a frequency characteristic indicated to be distortion correction by optical system and an imaging system and color shift amendment to a 1st embodiment and showed drawing 13 the composition.

[0046] As shown in drawing 13 it is distorted and from a designed value of a lens the compensation means 131 of a color shift obtains a value of a distortion aberration and performs geometric conversion of a picture according to it and a correction picture is outputted via the frequency characteristic compensation means 132. An outline of a flow of processing at this time was shown in drawing 14. A parameter of a filter is determined according to SF value which was distorted performed a compensation process of a color shift to the inputted image 130 (S142) measured resolution using an image pick-up of an above-mentioned random pattern (SF value was used) (S143) and was measured as mentioned above (S144). computing filter parameters for SF value on an axis to reference using a random pattern as mentioned above -- a space -- a variant picture can be created and a recovery picture is outputted.

[0047] If an above-mentioned method is used frequency response nature by pixel interpolation used at the time of amendment of distortion at the time of determination of filter parameters will also be taken into consideration. In such a case frequency response nature becomes fault amendment and it is possible aliasing and that an

artifact comes out. Therefore after composition which makes turn of processing reverse like drawing 15 is also considered performing frequency characteristic amendment to the inputted image 150 first (151) and performing distortion correction (152) it is the method (153) of outputting an outputted image.

[0048] as mentioned above --- according to a 2nd embodiment of this invention --- amendment of distortion and a space of an imaging system (lens) --- a variant Japanese quince can be amended and degradation of a picture resulting from an imaging system can be amended.

[0049] Next a 3rd embodiment of this invention is described.

[0050] Like a digital camera in recent years with a small digital camera it is especially made difficult to express a "dotage taste" so that a tendency for the depth of focus to be shallow and for depth of field to be deep may appear as size of an acceptance surface becomes small. So in a 3rd embodiment of this invention in order to expand Japanese quince condition which distance depends a major object and a background are separated with edge detection chroma saturation etc. SF value mentioned above in each field is calculated the frequency response characteristic of each field is distinguished and filter parameters of each field are computed.

[0051] Composition of a 3rd embodiment was shown in drawing 16.

[0052] First a picture is inputted into the image area separating mechanism 160 as shown in drawing 16. In this image area separating mechanism 160 an edge detection filter etc. detect a boundary of an image area and a color in each boundary a frequency characteristic texture etc. separate an image area for example. That is in a portion which a focus suits comparatively with a major object a Japanese quince is contained and a thing a background etc. that contrast is high are divided into what has low contrast. Each field fades through the following frequency correction means (161-1 - 161-n) and condition is adjusted. (An adjustment method of Japanese quince condition was shown in following drawing 17). And an image which had a frequency characteristic amended is compounded (163) and a picture is outputted.

[0053] Next it faded to drawing 17 and an adjustment method of condition was shown. As shown in drawing 17 the SF value Sf_i of the field i is calculated (S171) a value (threshold SFt) beforehand set to this result is read (S172) and size with this value is compared (S173). And when lower than said threshold sharp-ized processing is not performed but processing of the field is ended, setting it as filter parameters of high frequency emphasis on the other hand when larger than said threshold --- sharp-izing --- it processes (S174) and filtering (S175) is performed continuously. Thus execution of sharp-izing is judged for every field it processes by predetermined filter parameters and deed processing is ended for composition of a picture by the field synthesizing means 162 of drawing 16.

[0054] Although this embodiment showed how for it to be [field / where SF value is high] further missing in high frequency emphasis with this a field where SF value is low is obscured further conversely or processing which lessens a difference of a Japanese

quince conversely and makes depth of field deep in false can also be performed.

[0055] Refer to a method using the above-mentioned random pattern for SF value and a relation of filter parameters.

[0056] As mentioned above by using a 3rd embodiment of this invention exceeding performance of depth of field which an imaging system has it fades in false and a taste can be taken out.

[0057] According to the above-mentioned embodiment of this invention composition like the following is obtained.

[0058] It is the method of changing the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in the "additional remark 1" picture. An image processing method having sharp-ized down stream processing which measures sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and determines a coefficient of a filter based on this when determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image.

[0059] "Additional remark 2" When determining a coefficient of said filter lens design top MTF refers to SF value of the highest field. An image processing method given in the additional remark 1 determining that a parameter of a filter will bring SF value of a field which tries to recover sharpness close to SF value of a field where MTF is the highest on a lens design.

[0060] "Additional remark 3" When determining a coefficient of said filter perform predetermined area division for a picture and sharpness is measured as an SF value. An image processing method given in the additional remark 1 or 2 determining that a parameter of a filter will bring SF value of a field which tries to recover sharpness from this measurement with reference to a value of a field where SF value is the highest close to SF value of a field where sharpness is the highest.

[0061] It is a digital camera which changes the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in the "additional remark 4" picture. A digital camera having a sharp-ized processing means to measure sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and to determine a coefficient of a filter based on this when determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image.

[0062] "Additional remark 5" When determining a coefficient of said filter lens design top MTF refers to SF value of the highest field. A digital camera given in the additional remark 4 determining that a parameter of a filter will bring SF value of a field which tries to recover sharpness close to SF value of a field where MTF is the highest on a lens design.

[0063] "Additional remark 6" When determining a coefficient of said filter perform predetermined area division for a picture and sharpness is measured as an SF value. A digital camera given in the additional remark 4 or 5 provided with a sharp-ized

processing means to determine that a parameter of a filter will bring SF value of a field which tries to recover sharpness from this measurement with reference to a value of a field where SF value is the highest close to SF value of a field where sharpness is the highest.

[0064]"Additional remark 7" Sharpness of a source image is measured with SF value based on distribution of a difference value of said noticed picture element and an adjacent pixel. A digital camera of any one description of the additional remark 4 thru/or 6 provided with a mechanism in which a sharp-ized processing means to determine a coefficient of a filter based on this is a digital filter and the parameter is memorized.

[0065]A digital camera of any one description of the additional remark 4 thru/or 7 having further a mechanism in which interpolation from a memorized parameter determines a parameter of a digital filter according to the "additional remark 8" photographing condition.

[0066]Distortion of the "additional remark 9" optical system. An image processing method of any one description of the additional remark 1 thru/or 3 having further a geometric conversion method which amends a color shift.

[0067]"Additional remark 10" said sharp-ized processing means. [whether the A in Schaaf processing is performed to a field where SF value is lower than the specified quantity and] Or an image processing method of any one description of the additional remark 1 thru/or 3 applying a low pass filter and processing to a field where SF value is high so that sharpness may go up.

[0068]An image processing method given in the additional remark 10 using a delta histogram and self-organization MAFFU and dividing a field when a feeling of resolving of a picture of the "additional remark 11" origin divides a high field and a low field.

[0069]An image processing method given in the additional remark 10 characterized by dividing a field with reference to a position on a color space of a delta histogram and a pixel when a feeling of resolving of a picture of the "additional remark 12" origin divides a high field and a low field.

[0070]It is a program which changes the frequency characteristic of a picture by a digital filter which is different for every position of the picture in the "additional remark 13" picture. A program for making a computer perform processing which measures sharpness of a source image with SF value based on distribution of a difference value of a noticed picture element and an adjacent pixel and processing which determines a coefficient of a filter based on this measurement result when determining a parameter of a filter based on sharpness of a source image.

[0071]

[Effect of the Invention] as mentioned above -- separating the amendment (the spherical aberration, the curvature of field, major object and background of performance of an optical system by using this invention -- a Japanese quince -- a space such as processing the taste -- by variant filtering when trying to perform improvement of

image quality and processing the method of calculating the coefficient of a filter can be provided. That is in the inverse filter of a simple structure like the symmetry of revolution the coefficient of the inverse filter is related with the parameter of the dotage condition of PSF and the method of determining the parameter is provided. By the picture which separated the field the dotage taste of each field can be adjusted and the method of processing depth of field in false can be provided.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The key map showing the frequency characteristic compensation means concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2] The figure showing SF value based on distribution of difference value ΔD of the noticed picture element and adjacent pixel concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 3] The figure showing the noticed picture element concerning a 1st embodiment of this invention and the pixel of the eight contiguity.

[Drawing 4] The difference absolute value ΔV figure of the luminosity of the noticed picture element concerning a 1st embodiment of this invention and the pixel of the eight contiguity.

[Drawing 5] The figure showing the delta histogram of the original image concerning a 1st embodiment of this invention and the picture which gave the average filter.

[Drawing 6] The figure showing digital data when the random pattern concerning a 1st embodiment of this invention is photoed.

[Drawing 7] The figure showing a calculation method when bringing SF value of the field of the fields B and C concerning a 1st embodiment of this invention close to SF value of the field A.

[Drawing 8] The figure showing other elements of the procession concerning a 1st embodiment of this invention by \ast .

[Drawing 9] The figure showing the value of each element when changing d concerning a 1st embodiment of this invention from 0.3 to 5.

[Drawing 10] The figure showing how to compute the value of d from SF value concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 11] It is a figure showing the composition of the image-quality-correction device with which LUT mounted the filter parameters concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 12] The figure showing the composition of the digital filter concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 13] The figure showing the flow of processing of the correction picture concerning a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 14]The figure showing the flow of processing of the correction picture concerning a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 15]The figure showing the flow of processing when processing order of the correction picture concerning a 2nd embodiment of this invention is made reverse.

[Drawing 16]The figure showing the composition concerning a 3rd embodiment of this invention.

[Drawing 17]The figure showing the adjustment method of the Japanese quince condition concerning a 3rd embodiment of this invention.

[Description of Notations]

100 -- An image input means101 -- A frequency characteristic compensation means102 -- Sharpness calculating means103 -- A filter-parameters calculating means104 -- Digital filter110 [-- Digital filter] -- An inputted image112 -- An address calculating means123 -- LUT127 130 [-- An inputted image160 / -- Image area separating mechanism162 / -- A field synthesizing means601 / -- A random pattern602 / -- An optical system603 / -- An imager604 / -- Digital image data] -- An inputted image131 -- A compensation means132 -- A frequency characteristic compensation means150

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-369071

(P2002-369071A)

(43) 公開日 平成14年12月20日 (2002.12.20)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テグコード*(参考)		
H 0 4 N	5/232	H 0 4 N	5/232	Z	5 B 0 5 7
G 0 6 T	5/20	G 0 6 T	5/20	B	5 C 0 2 1
H 0 4 N	5/14	H 0 4 N	5/14	A	5 C 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 ○ L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-174628 (P2001-174628)

(22) 出願日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 渡辺 伸之

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

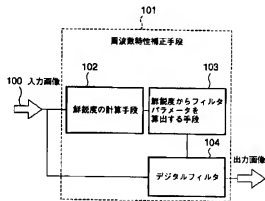
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理方法および、それを実施したデジタルカメラおよび、プログラム

(57) 【要約】

【課題】 撮影された画像の画質を向上する事を目的とし、適応的なフィルタの設計方法を提供する。

【解決手段】 元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づく S F 値で元画像の鮮鋭度を測定し (102)、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段 (103) を備えた画像処理方法を用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する方法であって、

元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するデジタルカメラであって、

元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段を備えたことを特徴とするデジタルカメラ。

【請求項3】 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するプログラムであって、

元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定する処理と、この測定結果に基づいてフィルタの係数を決定する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタルカメラなどで撮像した画像に係わり、特に画像の場所ごとに異なるパラメータで画像の周波数特性を変更する画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、LSI技術の進展により、デジタルフィルタによる2次元画像処理が広く行われるようになってきた。この2次元画像処理にはローパスフィルタ処理、ハイパスフィルタ処理、コンボリューションフィルタ処理等がある。このコンボリューションフィルタ処理においては、処理対象とする画素を中心とする $N \times M$ 画素(N は2以上、整数)の画素の画像データに夫々所定の重み係数を乗算して、これら乗算結果を加算することにより、その処理対象とする画素の画像データが形成される。

$$H = \begin{bmatrix} -0.5 & -1 & -0.5 \\ -1 & 7 & -1 \\ -0.5 & -1 & -0.5 \end{bmatrix}$$

Hの分配係数をパラメータ α で調節するようにしたバラ

$$H_0 = \alpha I + (1 - \alpha) H$$

I = 単位行列

【0003】また、例えば、動画領域と静止画領域とで異なるフィルタ処理を施すような所謂アダプティブ(適応型)フィルタもデジタルフィルタにより実現することができる。しかしながら、ローパスフィルタ処理、及びハイパスフィルタ処理は、処理対象とする画像の全体に一律に施されるものであるため、原画像の持つ局所的な情報を有効に利用することができない不都合がある。

【0004】具体的に言えば、例えば、ローパスフィルタを施すと重要なエッジ情報が失われることがあり、ハイパスフィルタを施すと本来輝度変化が滑らかな領域でもノイズなどが強調されてざらついて見えたりすることがある。また、従来の単純なコンボリューションフィルタ処理では非線形処理等の多様な画像処理に対応しにくい不都合がある。

【0005】このような問題を鑑み、特開平4-205573号公報では、動体と背景を動きベクトルで分離する方式を開示している。しかしながら、このような動きの情報だけでは、位置によって異なる適応フィルタの適応範囲にも限界があり、例えば、動きのほとんどない、主要被写体と背景の分離、像面湾曲な光学系に特有なスペースバリエーションの補正などには適用できない。

【0006】また、デジタルフィルタを光学系の特性に合わせて設計しようとした場合、光学系のPSF(Point Spread Function)を実験的にまたは、光学設計の段階での計算により得て、その特性を補充するような形でフィルタを設計する。

【0007】通常、光学系の収差は光軸上から離れるにつれて、回転非対称な成分(コマ収差、非点収差)が大きくなるため、理想的な逆フィルタではPSFの回転非対称性を考慮すれば、回転非対称なデジタルフィルタになる。もっとも、回転非対称ということになると、上述のように、画像の場所毎に異なるパラメータでデータを持つということは、 $N \times M$ のデータを画素毎に持たなければならず、非現実的といえる。また、撮像機器の通常の使用目的では、PSFを回転対称と見なせる範囲で、逆フィルタを設計しただけでも周波数成分の回復という点では、効果が期待できる。

【0008】パラメトリックにデジタルフィルタを定義する方法はいくつかあり、 3×3 のカーネルサイズの周波数回復フィルタでの例では、高周波強調のフィルタHを以下のように設定する

【数1】

(1)

メトリックな回復フィルタは、

(2)

ここで、 α を変更すれば、回復フィルタの特性が調整でき、 α が小さいほど高周波強調のフィルタとなる。

【0009】次に、逆フィルタを計算しておく方法について述べる。PSFを

$$\exp(-d * R)$$

(Rは処理対象とする中心の画素からの距離を表す)の
ような減衰関数で近似した場合でも、効果は期待できる。あらかじめ、 d を変化させたときの最小二乗誤差の
フィルタの計算をしておく。

$$h = \begin{bmatrix} h(-P, -Q) & \cdots & h(-P, 0) & \cdots & h(-P, Q) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ h(0, -Q) & & h(0, 0) & & h(0, Q) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ h(P, -Q) & \cdots & h(P, 0) & \cdots & h(P, Q) \end{bmatrix} \quad (3)$$

となる。インパルスに対するPSFの伝達関数の z 変換
表現は、

$$Y(z) = Y(z_1, z_2) = H(z_1, z_2) b(0, 0) = \sum_{i,j=-P,Q}^Q h(i, j) z_1^i z_2^j \quad (4)$$

となる。また、設計するFIR逆フィルタを

$$f = \begin{bmatrix} f(-P, -Q) & \cdots & f(-P, 0) & \cdots & f(-P, Q) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f(0, -Q) & & f(0, 0) & & f(0, Q) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f(P, -Q) & \cdots & f(P, 0) & \cdots & f(P, Q) \end{bmatrix} \quad (5)$$

と定義しておく。いま、PSFに逆フィルタを作用させたものを

$$r(k, l) = \sum_{i,j=-P,Q}^Q h(k-i, l-j) f(i, j) \quad (6)$$

とする。最小二乗誤差の近似からフィルタ f は、以下の
ように求められ、

$$\sum_{i,j=-P,Q}^Q a(p-i, q-j) f(i, j) = h(-p, -q) \quad (7)$$

$$a(p-i, q-j) = \sum_{k,l=-P,Q}^Q h(k, l) h(k+p-i, l+q-j)$$

を得る。ここで簡単のため、 $P=Q=m$ とした(14)
式を行列表現で表すと、

$$Ax=B$$

【0010】最小二乗フィルタの計算例を以下に示す。
以下の例では目標とする応答関数を Δ 関数としている。

領域

【数2】

$$i, j \mid i \leq P, |j| \leq Q$$

で定義されたボケ関数が $h(i, j)$ であるときに、こ
れを、線形フィルタで表現したときの係数行列は、

【数3】

【数4】

【数5】

【数6】

【数7】

【数8】

$$b = \underbrace{h(m, m), h(m, m-1), \dots, h(m, -m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{h(m-1, m), \dots, h(-1, m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{h(-m, m), \dots, h(-m, -m)}_{2m+1 \text{ elements}} \quad (8.9)$$

$$x = \underbrace{f(-m, -m), f(-m, -m+1), \dots, f(-m, m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{f(-m+1, -m), \dots, f(-m+1, m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{f(m, -m), \dots, f(m, m)}_{2m+1 \text{ elements}} \quad (8.9)$$

というような $(2m+1) \pm (2m+1) = 4m+2+4m+1$ 個の要素を持つものとする。

【0011】ここで、パラメータとして d を得たときに、回転対称な逆フィルタ f の係数をルックアップテーブルで持っておけば、画像の大きさによらずに、画像の位置によって異なるようなフィルタリング処理となる。

【0012】その他の鮮鋭化手法としては、原画像とローパスを施した画像の差分を取り、原画像に差分の定数倍を加えるという方法がある。このときの定数がパラメータとして与えられる。

【0013】また、画像位置によって異なるようなフィルタを必要とする状況は以下のような事が考えられる。最近のデジタルカメラのように、受光面のサイズが小さくなるにつれて、焦点深度が浅く、被写界深度が深いという傾向が現れるように、特に小型のデジタルカメラでは、「ボケ味」を表現することが難しいとされている。そこで、撮影された画像のコントラストの情報から、周波数応答を改善するフィルタを設計する様な、適応的な方法が必要とされる。

【0014】また、スペースインバリエントについては、適応的に画像のボケ状態を測定し、逆フィルタを掛ける方法としては、特開平6-162187号公報に、画像のデフォーカス状態に適応的に逆フィルタを掛ける技術が開示されている。また、画像に依存する補正方法としては、特開平11-150669号公報では、被写体の構造が自己相似形（例えば、枝、や山の画像）になっていて、低解像度の画像の周波数ベクトル構造と理想とする高解像度の画像の周波数ベクトル構造が周波数シフトによって類似の構造になることを利用している。

【0015】【発明が解決しようとする課題】しかし、特開平6-162187号公報では、画像のデフォーカス状態に適応的に逆フィルタを掛けるものだが、測定時に2つ以上の像面を必要とし、撮影装置に特殊な構成を必要とするという課題がある。また、画像に依存する補正方法としては、特開平11-150669号公報があるが、これは被写体の構造が自己相似形（例えば、枝、や山の画像）になっていて、低解像度の画像の周波数ベクトル構造と理想とする高解像度の画像の周波数ベクトル構造が周波数シフトによって類似の構造になることを利用してい

る。適応的な補正方法として優れているが、計算にコストがかかることと、適応できる画像の種類が限定されてしまう事が難点である。像面湾曲の様に像の位置によって解像度が異なる画像に対して解像感をそろえたり、逆に遠近によるボケ味を強調するのを目的としている。

【0016】本発明の目的は、上述のように、スペースバリエーションフィルタリングによって、画質の改善、加工を行うおとした場合に、フィルタの係数を求める方法を提供する。詳しくは、回転対称のような簡易な構造の逆フィルタにおいては、逆フィルタの係数を、PSFのぼけ具合のパラメータと関連づけおき、そのパラメータを決定する方法を提供する。さらには、領域を分離した画像で、各領域のボケ味を調整し、被写界深度を模倣的に加工する画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラム方法を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラムは、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する方法であって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画像と隣接画像の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とする画像処理方法である。

【0018】また、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するデジタルカメラであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画像と隣接画像の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とするデジタルカメラである。

【0019】また、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するプログラムであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画像と隣接画像の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定する処理と、この測定結果に基づいてフィルタの係数を決定

する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明は、デジタルフィルタによって、高周波強調、あるいは低周波強調で、画像の鮮鋭さ、ボケ味を調節する方式において、前記デジタルフィルタのパラメータを調節する方法に関する。

【0021】以下に、本発明の実施形態を以下に図面を用いて説明する。

【0022】まず、図1は、本発明の実施形態の周波数特性補正手段を示す概念図である。本実施形態は、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する（鮮鋭化、ぼかし）方法であって、まず、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する。その際、元画像の鮮鋭度を測定する方法が、図2に示したのは、注目画素と隣接画素の差分値 ΔD の分布（デルタヒストグラム）に基づくSF（S

$$SF = \sum_{l=-5}^5 |S_0(l) - S_1(l)|$$

のように定義する。SF値が大きいくほど、原画像の鮮鋭度が高いと言う評価になる。

【0023】次に、図5に原画像と平均化フィルタを施した画像のデルタヒストグラムを示した。SF値は、2つのヒストグラムの差分の絶対値を積分したものである。定義からわかるように、SF値は画像に依存する値なので、一般に、画像の周波数成分との厳密な関係は成り立たない。ただし、傾向として同一の画像に対してSF値が高ければ、周波数特性が高周波まで伸びているとすることが出来る。

【0024】また、ランダムパターンのように、画像の位置によって、被写体の情報が異ならず、広い周波数成分を持っている画像であれば、このような条件であれば、光学系の収差（像面湾曲、球面収差）などで、画像の位置によってボケ具合が異なるのを評価することが出来る。通常では、光軸付近が最もMTFが高周波成分にのびている様に設計されているので、軸上付近のSF値と軸外のSF値を比較することによってどの程度の鮮鋭化が必要であるのがわかる。

【0025】次に、図1に戻って、まず、画像入力手段

$$H = \begin{bmatrix} -0.5 & -1 & -0.5 \\ -1 & 7 & -1 \\ -0.5 & -1 & -0.5 \end{bmatrix}$$

Hの分配係数をパラメータ α で調節するようにしたパラメトリックな回復フィルタは、
 $H_0 = \alpha I + (1 - \alpha) H$
 $I =$ 単位行列

α を変更すれば回復フィルタの特性が調整でき、 α が小さいほど高周波強調のフィルタとなる。

【0028】ここで α の値を推定するために、上述のS

harpness Factory) 値であり、これに基づいてフィルタの係数を決定する。ここで ΔD 値とSF値について補足すると、隣接画素の差分値は、図3に示すように、注目画素とその隣接8個の画素との輝度の差分絶対値であり、例えば、中央の画素レベルが16、その周りが、12、14、20、8、24、12、16、32となつていれば、差分の絶対値は、図4に示すように、4、2、4、8、8、4、0、16となり、 ΔD のヒストグラム（0～16の ΔD の出現頻度）は、(1, 0, 1, 0, 3, 0, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1)となる。このようなヒストグラムを所定の範囲の画素について積算したものである。原画像における上述の差分 ΔD （絶対値）のヒストグラムを S_0 (1)とし、原画像に平滑化フィルタをかけたものを S_3 (1)として鮮鋭度SFを

【数9】

(10)

100から入力画像が入力され、周波数特性補正手段101にデータを送す。ここで、周波数特性補正手段101は、鮮鋭度算出手段102、フィルタパラメータ算出手段103、デジタルフィルタ104からなり、デジタルフィルタを施した画像が出力画像として出力される。また、前記鮮鋭度算出手段102は、前述したSF値を計算する。そして、フィルタパラメータ算出手段103は、後述するように、SF値とフィルタパラメータの関係をしめすLUT (Look Up Table) や、関係式を定義した計算手段を示している。このLUTは、SF値とデジタルフィルタを構成する行列の各数値の関係を表しているものでも良いし、前述、あるいは後述するようにパラメトリックなフィルタのパラメータであっても良い。

【0026】また、パラメトリックにデジタルフィルタの例としては、前述のように3x3のカーネルサイズの周波数回復フィルタでは、高周波強調のフィルタHを以下のように設定する。

【0027】

【数10】

(11)

F値を用いる方法について述べる。ランダムパターンのように、画像の位置によって、被写体の情報が異ならず、広い周波数成分を持っている画像であれば、このような条件であれば、光学系の収差（像面湾曲、球面収差）などで、画像の位置によってボケ具合が異なるのを評価することが出来る。通常では、光軸付近が最もMTFが高周波成分にのびている様に設計されているので、

軸上付近のS F値と軸外のS F値を比較することによってどの程度の鮮鋭化が必要であるのかわかる。

【0029】次に、図6に示したように、まず、ランダムパターン601を撮影し、デジタルデータを得る。このときに光学系602、撮像系であるイメージャ603の伝達特性を含んだデジタル画像データ604を得る。

【0030】前記光学系602は、光学伝達特性(主に振幅:MTF)、前記撮像系(イメージャ603)では、イメージャのサンプリングの特性、AD変換の特性、その他電気系の特性が含まれる。前記デジタル画像データ604で、画像の中央付近A、像高の1/2付近B、像高1付近の領域Cでそれぞれデルタヒストグラムを計算しS F値を得る。ここで、領域B、Cの領域のS F値を領域AのS F値に近づけるようにする。その計算方法を図7を用いて説明する。

【0031】B、Cの領域の画像(S701)を用い、式12のαの初期値及びデクリメント幅δを設定する(S702)。

【0032】次に、BまたはCの領域にフィルタ処理を行う(S703)。また、デルタヒストグラムの計算のためにフィルタリングはマージンをとっておく。そして、フィルタ処理したBまたはCの領域に対して、上述の式10の定義に従い、計算したS F値が基準となる領域AのS F値を求める(S704、S705)。

$$H(x_{ij}) = \sum_{k,j} k_{ij} x_{ij}$$

$$k_{ij} = \frac{1}{j} \exp(-d \cdot r)$$

$$r = \sqrt{i^2 + j^2}$$

$$i = \sum_{k,j} \exp(-d \cdot r)$$

(Eは、ボケ関数の大きさを表す)とする。ここで、i、jは、軸対象のボケ関数の中心位置を(0、0)としたときのインデックスを表している。パラメータdの変化に対して、逆フィルタの係数を求める。dが小さければボケが大きくなり、逆フィルタの高周波強調も大きくなる。また、高周波領域での誤差を抑えるために逆フィルタのための目的関数を関数とせずに、高周波帯域を緩和させたものにしても良い。

【0036】ここでは、7×7のフィルタについて示すので対称性を考慮して求めておくべき要素数は、10種{F(-3,-3)、F(-3,-2)、F(-3,-1)、F(-3,-0)、F(-2,-2)、F(-2,-1)、F(-2,-0)、F(-1,-1)、F(-1,-0)、F(0,0)}になる。

【0037】次に、図8には行列の他の要素を*で示しており、行列の対称性から、それらの領域は前述の10種の要素のどれかと等しい。

【0038】また、図9には、dを0.3から5まで変化させたときの各要素の値を示している。このようにdの値に対して、行列の要素をLUTで持っておく。

【0033】そして、基準となる領域AのS F値と近いかどうかを判断する。このとき、単純に2値的に判断しても良いし、段階的な判断を行っても良い。判定基準を満たしていれば処理を終了(S707)。パラメータαを取得する。基準を満たしていない場合は、S708でパラメータαを変更する。図7では、パラメータの変更は等間隔のデクリメントで行っているが、適応的にデクリメント幅を変更する方法でも良いし、収束精度を良くするために、最適解の周りで往復的に調べるのも良い。

【0034】このようにして、軸外の周波数特性を軸上のものに近づけるために、領域をA、B、Cと離散的にサンプリングして、S F値により各領域のパラメータを取得し、次に各領域の間のパラメータを補間によって求めるようにする。また、サンプリングする領域は、このような3点で有る必要はなく、精度を上げるために多数の領域を設定しても良い。

【0035】このようにして、像面の像高とパラメータαの関係が得られれば、それをLUTとして記憶しておく。像高方向に変化するフィルタリングを実現する。もう一つのパラメトリックなフィルタを設計する方法は、上述のEx p関数を用い、最小二乗法で最適逆フィルタを計算する方法を用いる。ボケ関数を2次の関数

【数11】

(19-16)

【0039】次に、前述の図7に準じてS F値からdの値を算出する方法を図10を用いて説明する。B、Cの領域の画像を用い(S1001)、式14のdの初期値及びデクリメント幅を設定する(S1002)。そして、dの値からLUTにより逆フィルタの要素を読み出し、逆フィルタHinv(d)を構成する(S1003)。続いて、逆フィルタをBまたはCの領域でフィルタ処理を行う(S1004)。そして、フィルタ処理したBまたはCの領域に対して、上述の式10定義に従い計算したS F値が基準となる領域AのS F値を求める(S1005、S1006)。

【0040】次に、基準となる領域、AのS F値と近いかどうかを判断する(S1007)。このとき、単純に2値的に判断しても良いし、段階的な判断を行っても良い。そして、基準を満たしていれば処理を終了(S1009)。パラメータαを取得する。一方、基準を満たしていない場合は、S1008でパラメータαを変更する。また、上述のようにパラメータを補間して求めることも出来る。このパラメータの補完に関しては、像高方向に補完するほかに、光学系の焦点距離、絞りによつて

補間することも考えられる。例えば、画像の有る領域でのフィルタパラメータを $f = 5.0 \text{ nm}$ 、 $f = 1.0 \text{ nm}$ で求めて置いたとすると、 $f = 7.0 \text{ nm}$ に対しては、直接計算するのではなく、前述の2つの焦点距離での値を参照して補間によって求めることが出来る。

【0041】次に、図11に、このようにして求めたフィルタパラメータをLUTに実装した画質補正装置の構成を示す。入力画像110に対して、アドレス算出手段112で画素位置を算出し、画素位置に従ってLUTよりフィルタパラメータを読み出す(113)。このとき、像面湾曲等光軸に対象でスペースバリエーション補正であれば、画素位置から像の中心からの距離(像高)算出して、LUTよりパラメータを読み込み、デジタルフィルタを構成する(114)。

【0042】また、LUTにおいて、位置の分割数または像高の分割数は、画素による分割数より粗くても良い。そのときはLUTに記載されている画素の位置から、対象としている画素の位置と線形補間によって表現するようにして、LUTのフィルタパラメータを補間することによって、図12に示すように、デジタルフィルタを構成する様にする。

【0043】次に、図12では、LUT123に記録された位置情報を読み出し(124)、アドレス補間を行い(126)、補間係数に従ってLUTに記録されたフィルタパラメータの補間を行い(125)、デジタルフィルタ127を構成して、フィルタ処理を入力画像に施し、補正画像を出力する。

【0044】以上、本発明の第1の実施形態によれば、SF値を用いて、光学系、撮像系に起因する像高方向に変化する周波数特性を補完するフィルタを得ることができ、像の位置や、光学系の条件によって変化するパラメータを補間によって得ることが出来る。なお、単板ペイヤー配列においては、RGB色を補間を行った後、各色に対してSF値を求めて、上述の方法で画質補正のフィルタを算出するようにしても良い。

【0045】次に、本発明の第2の実施形態について説明する。本発明の第2の実施形態は、光学系、撮像系による歪み補正、色ズレ補正と、第1の実施形態に示した周波数特性の補正手段を備えた画像の補正手段であり、その構成を図13に示した。

【0046】図13に示すように、歪み、色ズレの補正手段131は、レンズの設計値から、歪曲収差の値を得、それによって画像の幾何変換を行い、周波数特性補正手段132を経由して補正画像が出力される。また、このときの処理の流れの概要を図14に示した。入力画像130に対して、歪み、色ズレの補正処理を行い(142)、上述のランダムパターンの撮像を用いて、解像度の(SF値を用いた)測定を行い(143)、上述のように測定されたSF値に従って、フィルタのパラメータを決定する(144)。上述のようにランダム

パターンを用いて、軸上のSF値を参考にフィルタパラメータを算出し、スペースバリエーション画像を作成でき、回復画像が出力される。

【0047】上述の方法を用いると、フィルタパラメータの決定時に歪みの補正の時に用いている、画素補間による周波数応答性も考慮される。このような場合、周波数応答性が過補正になってしまい、エイリアシングや、アーティファクトが出てしまう事が考えられる。そのために図5のように処理の順番を逆にすると補正も考えられ、入力画像150にまず周波数特性補正を行い(151)、歪み補正を行ってから(152)、出力画像を出力する(153)方法である。

【0048】以上、本発明の第2の実施形態によると、撮像系(レンズ)の歪みの補正と、スペースバリエーションボケの補正の事が出来、撮像系に起因する画像の劣化を補正することが出来る。

【0049】次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

【0050】近年のデジタルカメラのように、受光面のサイズが小さくなるにつれて、焦点深度が浅く、被写界深度が深いという傾向が現れるように、特に小型のデジタルカメラでは、「ボケ味」を表現することが難しいとされている。そこで、本発明の第3の実施形態では、距離によるボケ具合を拡大するために、主被写体と背景をエッジ検出、彩度などで分離し、それぞれの領域で上述したSF値を計算して各領域の周波数応答特性を判別し、各領域のフィルタパラメータを算出する。

【0051】第3の実施形態の構成を図16に示した。【0052】まず、図16に示すように、画像が像域分離手段160に入力される。この像域分離手段160では、例えば、エッジ検出フィルタなどで像域の境界を検出し、各境界内の色、周波数特性、テクスチャ等で像域を分離する。即ち、主被写体で比較的高いフォーカスが合っている部分で、コントラストが高いものと背景など、ボケが含まれていて、コントラストが低いものと分離される。また、各領域は、次の周波数補正手段(161~161-n)を通してボケ具合が調整される。(ボケ具合の調整方法は次の図17に示した)。そして、周波数特性を補正された像を合成され(163)、画像が出力される。

【0053】次に、図17にボケ具合の調整方法を示した。図17に示すように、領域iのSF値 SF_i を計算し(171)、この結果とあらかじめ設定した値(閾値 SF_t)を読み込み(172)、この値との大小を比較する(173)。そして、前記閾値よりも低い場合、鮮鋭化処理を行わず、その領域の処理は終了する。一方、前記閾値よりも大きい場合、高周波強調のフィルタパラメータに設定して鮮鋭化処理(174)、続いてフィルタ処理(175)を行う。このようにして各領域毎に鮮鋭化の実行の判断を行い、所定のフィルタパ

ラメータで処理を行い図16の領域合成手段162で画像の合成を行い処理を終了する。

【0054】この実施形態では、S F値の高い領域をさらに高周波強調を欠ける方法を示したが、これとは逆に、S F値の低い領域をさらにぼかしたり、逆にボケの差を少なくして擬似的に被写界深度を深くする処理も出来る。

【0055】なお、S F値とフィルタパラメータの関係は前出のランダムパターンを用いた方法を参照する。

【0056】以上、本発明の第3の実施形態を用いることにより、撮像系の持つ被写界深度の性能を超えて、擬似的にボケ味を出すことが出来る。

【0057】なお、本発明の上記実施形態によれば、以下のごとき構成が得られる。

【0058】「付記1」 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する方法であって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目要素と隣接要素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とする画像処理方法。

【0059】「付記2」 前記フィルタの係数を決定する際、レンズ設計上M T Fが最も高い領域のS F値を参照して、鮮鋭度の回復を行うとする領域のS F値を、レンズ設計上最もM T Fの高い領域のS F値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定することを特徴とする付記1に記載の画像処理方法。

【0060】「付記3」 前記フィルタの係数を決定する際、画像を所定の領域分割を行って鮮鋭度をS F値として測定し、この測定から最もS F値が高い領域の値を参照し、鮮鋭度の回復を行うとする領域のS F値を、最も鮮鋭度の高い領域のS F値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定することを特徴とする付記1または2に記載の画像処理方法。

【0061】「付記4」 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するデジタルカメラであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目要素と隣接要素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段を備えたことを特徴とするデジタルカメラ。

【0062】「付記5」 前記フィルタの係数を決定する際、レンズ設計上M T Fが最も高い領域のS F値を参照して、鮮鋭度の回復を行うとする領域のS F値を、レンズ設計上最もM T Fの高い領域のS F値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定することを特徴とする付記4に記載のデジタルカメラ。

【0063】「付記6」 前記フィルタの係数を決定する際、画像を所定の領域分割を行って鮮鋭度をS F値と

して測定し、この測定から最もS F値が高い領域の値を参照し、鮮鋭度の回復を行うとする領域のS F値を、最も鮮鋭度の高い領域のS F値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定する鮮鋭化処理手段を備えていることを特徴とする付記4または5に記載のデジタルカメラ。

【0064】「付記7」 前記注目要素と隣接要素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段がデジタルフィルタであって、そのパラメータを記憶する機構を備えていることを特徴とする付記4乃至6のいずれか1つに記載のデジタルカメラ。

【0065】「付記8」 撮影条件に応じて、記憶したパラメータからの補間によってデジタルフィルタのパラメータを決定する機構をさらに備えていることを特徴とする付記4乃至7のいずれか1つに記載のデジタルカメラ。

【0066】「付記9」 光学系の歪み、色ズレを補正する幾何変換手段をさらに備えたことを特徴とする付記1乃至3のいずれか1つに記載の画像処理方法。

【0067】「付記10」 前記鮮鋭化処理手段は、S F値が所定量より低い領域に対してはアンシャープ処理を行わないが、または、ローパスフィルタをかける様にし、S F値の高い領域に対しては、鮮鋭度が上がるように処理を行う事を特徴とする付記1乃至3のいずれか1つに記載の画像処理方法。

【0068】「付記11」 元の画像の解像度が高い領域と低い領域を分割するときに、デルタヒストグラムと自己組織化マップを用いて領域を分割することを特徴とする付記10に記載の画像処理方法。

【0069】「付記12」 元の画像の解像度が高い領域と低い領域を分割するときに、デルタヒストグラムと画像の色空間上の位置を参照して領域を分割することを特徴とする付記10に記載の画像処理方法。

【0070】「付記13」 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するプログラムであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目要素と隣接要素の差分値の分布に基づくS F値で元画像の鮮鋭度を測定する処理と、この測定結果に基づいてフィルタの係数を決定する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【0071】

【発明の効果】以上、本発明を用いることにより、光学系の性能の補正（球面収差、像面湾曲）や主被写体と背景を分離して、ボケ味を加工するなど、スペースバリエーションの付与によって、画質の改善、加工を行うとした場合に、フィルタの係数を求める方法を提供出来る。即ち、回転対称のような簡易な構造の逆フィルタにおいては、逆フィルタの係数を、P S Fのぼけ

具合のパラメータと関連づけておき、そのパラメータを決定する方法を提供する。さらには、領域を分離した画像で、各領域のボケ味を調整し、被写界深度を擬似的に加工する方法を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る周波数特性補正手段を示す概念図。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る注目画素と隣接画素の差分値 ΔD の分布に基づくSF値を示す図。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る注目画素とその隣接8個の画素を示す図。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る注目画素とその隣接8個の画素との輝度の差分絶対値を示す図。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る原画像と平均化フィルタを施した画像のデルタヒストグラムを示した図。

【図6】本発明の第1の実施形態に係るランダムパターンを撮影したときのデジタルデータを示す図。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る領域B、Cの領域のSF値を領域AのSF値に近づけるようにするときの計算方法を示す図。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る行列の他の要素を*で示した図。

【図9】本発明の第1の実施形態に係るdを0、3から5まで変化させたときの各要素の値を示した図。

【図10】本発明の第1の実施形態に係るSF値からd

の値を算出する方法を示す図。

【図11】本発明の第1の実施形態に係るフィルタパラメータをLUTは、実装した画質補正装置の構成を示す図。

【図12】本発明の第1の実施形態に係るデジタルフィルタの構成を示す図。

【図13】本発明の第2の実施形態に係る補正画像の処理の流れを示す図。

【図14】本発明の第2の実施形態に係る補正画像の処理の流れを示す図。

【図15】本発明の第2の実施形態に係る補正画像の処理順序を逆にしたときの処理の流れを示す図。

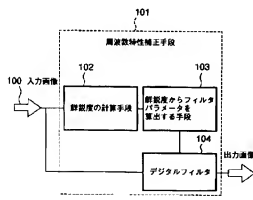
【図16】本発明の第3の実施形態に係る構成を示す図。

【図17】本発明の第3の実施形態に係るボケ具合の調整方法を示す図。

【符号の説明】

100…画像入力手段、101…周波数特性補正手段、102…鮮鋭度算出手段、103…フィルタパラメータ算出手段、104…デジタルフィルタ、110…入力画像、112…アドレス算出手段、123…LUT、127…デジタルフィルタ、130…入力画像、131…補正手段、132…周波数特性補正手段、150…入力画像、160…像域分離手段、162…領域合成手段、601…ランダムパターン、602…光学系、603…イメージャ、604…デジタル画像データ

【図1】



【図8】

$F(-3,-3)$	$F(-3,-2)$	$F(-3,-1)$	$F(-3,-0)$	*	*
*	$F(-2,-2)$	$F(-2,-1)$	$F(-2,-0)$	*	*
*	*	$F(-1,-1)$	$F(-1,-0)$	*	*
*	*	*	$F(-0,-0)$	*	*
*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*

【図2】



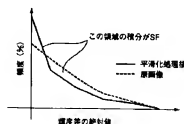
【図3】

12	14	20
8	18	24
12	16	32

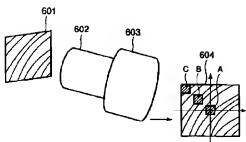
【図4】

4	2	4
8	*	8
4	0	16

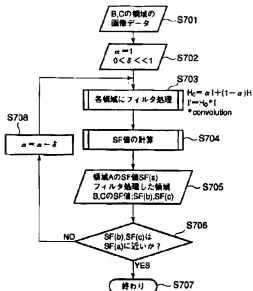
【図5】



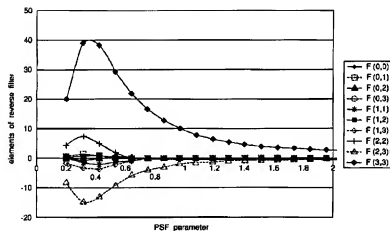
【図6】



【図7】



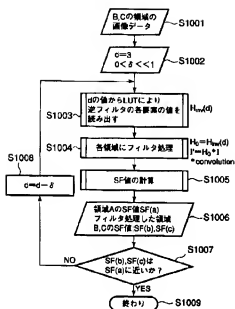
【図9】



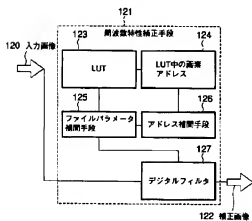
【図13】



【図10】



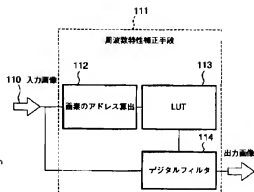
【図12】



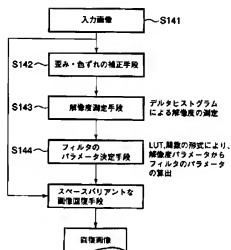
【図15】



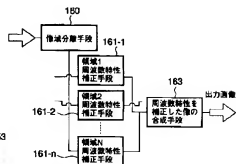
【図11】



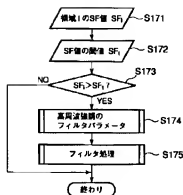
【図14】



【図16】



【図 17】



【手続補正書】

【提出日】平成 13 年 12 月 18 日（2001. 12. 18）

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】このような問題を鑑み、特開平 4-205573 号公報では、動体と背景を動きベクトルで分離する方式を開示している。しかしながら、このような動きの情報だけでは、位置によって異なる遠近フィルタの適応範囲にも限界があり、例えば、動きのほとんどない、主要被写体と背景の分離、像面湾曲など光学系に特有なスペースバリエーションなボケの補正などには適用できない。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】B または C の領域の画像（S701）を用い、式 12 の α の初期値及びデクリメント幅を設定する（S702）。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】次に、B または C の領域にフィルタ処理を行う（S703）。また、デルタヒストグラムの計算のためにフィルタリングはマージンをとっておく。そして、フィルタ処理した B または C の領域に対して、上述

の式 10 の定義に従い、計算した SF 値の基準となる領域 A の SF 値を求める（S704、S705）。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】次に、前述の図 7 に準じて SF 値から d の値を算出する方法を図 10 を用いて説明する。B または C の領域の画像を用い（S1001）、式 14 の d の初期値及びデクリメント幅を設定する（S1002）。そして、d の値から LUT により逆フィルタの要素を読み出し、逆フィルタ $H_{inv}(d)$ を構成する（S1003）。続いて、逆フィルタを B または C の領域でフィルタ処理を行う（S1004）。そして、フィルタ処理した B または C の領域に対して、上述の式 10 定義に従い計算した SF 値の基準となる領域 A の SF 値を求める（S1005、S1006）。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正内容】

【0041】次に、図 11 に、このようにして求めたフィルタパラメータを LUT に実装した画質補正装置の構成を示す。入力画像 110 に対して、アドレス算出手段 112 で画素位置を算出し、画素位置に従って LUT よりフィルタパラメータを読み出す（113）。このとき、像面湾曲等光軸に対称でスペースバリエーションな補正であれば、画素位置から像の中心からの距離（像高）算出して、LUT よりパラメータを読み込み、デジタルフィルタを構成する（114）。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】上述の方法を用いると、フィルタパラメータの決定時には重みの補正済みの画像を用いているので、画素補間による周波数応答性も考慮される。このような場合、周波数応答性が過補正になってしまう、エイリアシングや、アーティファクトが出てしまう事が考えられる。そのために図15のように処理の順番を逆にする構成も考えられ、入力画像150にまず周波数特性補正を行い(151)、歪み補正を行ってから(152)、出力画像を出力する(153)方法である。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】以上、本発明の第2の実施形態によると、撮像系(レンズ)の歪みの補正と、スペースバリエーションボケの補正をする事が出来、撮像系に起因する画像の劣化を補正することが出来る。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】まず、図16に示すように、画像が像域分離手段160に入力される。この像域分離手段160では、例えば、エッジ検出フィルタなどで像域の境界を検出し、各境界内の色、周波数特性、テクスチャ等で像域を分離する。即ち、主要被写体で比較的高いフォーカスが合っている部分で、コントラストが高いものと、背景などボケが含まれていて、コントラストが低いものに分離される。また、各領域は、次の周波数補正手段(161~161~n)を通してボケ具合が調整される。(ボケ具合の調整方法は次の図17に示した)。そして、周波数特性を補正された像を合成され(163)、画像が出力される。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正内容】

【0054】この実施形態では、SF値の高い領域をさらに高周波強調をかける方法を示したが、これとは逆に、SF値の低い領域をさらにぼかしたり、逆にボケの差を少なくして擬似的に被写界深度を深くする処理も出来る。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正 11】

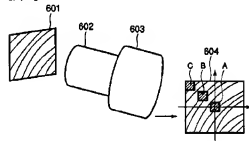
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】



【手続補正 12】

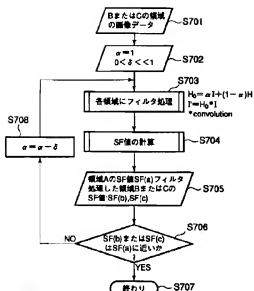
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【手続補正13】

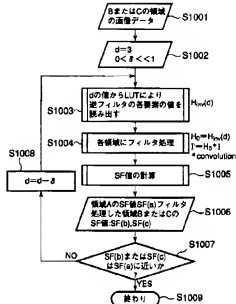
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 AA01 CA08 CA12 CA16 CB08
 CB12 CB16 CC02 CE03 CE06
 CH01 DA20 DB02 DB09 DC22
 DC36
 5C021 PA66 PA73 XB11
 5C022 AA13 AB21 AC69